

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 10-184431

(43) Date of publication of application : 14. 07. 1998

(51) Int. Cl.

F02D 45/00

F02D 41/04

G05B 11/32

G05B 13/02

(21) Application number : 08-350701

(71) Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

(22) Date of filing : 27. 12. 1996

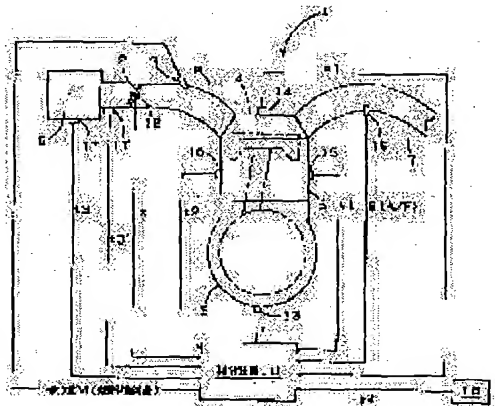
(72) Inventor : FUJIME YOKO

## (54) ENGINE CONTROL SYSTEM

## (57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve the control accuracy of an engine by detecting a physical quantity showing a engine performance in a specified operating state of the engine, evaluating the engine performance on the basis of the detected physical quantity, and using the information on this evaluated result as educator data.

SOLUTION: In time of driving an engine 1, a physical quantity showing the engine performance such as a torque variation conforming to the differentiated value of throttle opening, is detected by a control unit 10 and evaluated on the basis of the physical quantity to find out the manipulated variable of operating parameters to secure the requested engine performance including those of throttle opening, engine speed or the like. This control unit 10, for example, is constituted so as to perform learnable feedforward control used with a neural network, a fuzzy neural network, or a map and so on, and information on the evaluated result of the engine performance is learned as educator data, while it is controlled so as to find the manipulated variable of the operating parameters whose evaluation become optimized.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of

rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-184431

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月14日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>     | 識別記号  | F I           |         |  |
|-------------------------------|-------|---------------|---------|--|
| F 0 2 D 45/00                 | 3 4 0 | F 0 2 D 45/00 | 3 4 0 Z |  |
| 41/04                         | 3 3 0 | 41/04         | 3 3 0 B |  |
| G 0 5 B 11/32                 |       | G 0 5 B 11/32 | F       |  |
| 13/02                         |       | 13/02         | L       |  |
|                               |       |               | N       |  |
| 審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 21 頁) |       |               |         |  |

(21) 出願番号 特願平8-350701

(22) 出願日 平成8年(1996)12月27日

(71) 出願人 000010076

ヤマハ発動機株式会社

静岡県磐田市新貝2500番地

(72) 発明者 藤目 稔子

静岡県磐田市新貝2500番地 ヤマハ発動機株式会社内

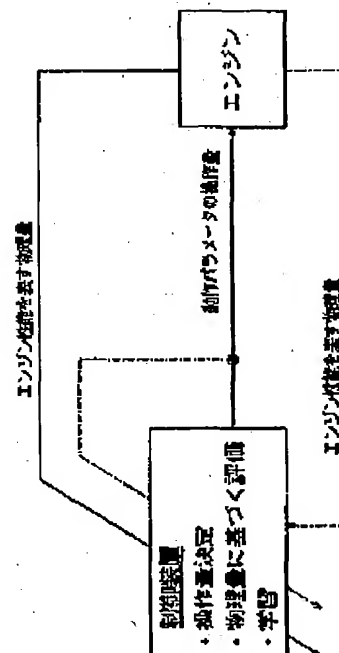
(74) 代理人 弁理士 八木田 茂 (外1名)

(54) 【発明の名称】 エンジン制御方式

(57) 【要約】

【課題】 要求するエンジン性能を高い精度で得ることができるエンジン制御方式を提供すること。

【解決手段】 本発明のエンジン制御方式は、エンジンが所定の運転状態にある時に、該運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、所定の動作パラメータの操作量を求める。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 エンジンが所定の運転状態にある時に、該運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、

学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、所定の動作パラメータの操作量を求めることを特徴とするエンジン制御方式。

【請求項2】 前記学習機能付きフィードフォワード制御を、ニューラル回路網、ファジーニューラル回路網、CMAC、又はマップの少なくとも一つを用いて行うことを特徴とする請求項1に記載のエンジン制御方式。

【請求項3】 前記動作パラメータが、燃料噴射量、点火時期、バルブタイミング、又は電子スロットルの開度の少なくとも一つであることを特徴とする請求項1又は2に記載のエンジン制御方式。

【請求項4】 前記所定の運転状態が加速状態であり、前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量が、スロットル開度の微分値に対応したトルク変化率であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変化率が、予め設定したスロットル開度の微分値に対応した目標トルク変化率になるように前記動作パラメータの操作量を求めることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項5】 前記所定の運転状態がエンジンの始動時の運転状態であり、前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量が、エンジン回転数が上昇を始めるまでの時間であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記時間が、予め設定した上限時間より短くなるように燃料噴射量に関する操作量を求めることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項6】 前記所定の運転状態が暖機運転時の運転状態であり、前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量がトルク変動であり、

前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変動が、予め設定した数値値の範囲内に収まるように燃料噴射量に関する操作量を求めることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項7】 前記トルク変動を回転変動から求めることを特徴とする請求項6に記載のエンジン制御方式。

【請求項8】 前記所定の運転状態が非同期噴射時の運転状態であり、

前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量がスロットル開度の微分値に対応したトルク変化率であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変化率が、予め設定したスロットル開度の微分値に対応する目標トルク変化率になるように、非同期噴射

量、点火時期、バルブタイミング、又は電子スロットル開度の少なくとも一つに関する操作量を求めることを特徴とする請求項1～3の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項9】 エンジンの運転状態に基づいて所定の動作パラメータの基本操作量を求め、エンジンの所定の運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、

学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、前記基本操作量の補正量を求めることを特徴とするエンジン制御方式。

【請求項10】 前記学習機能付きフィードフォワード制御を、ニューラル回路網、ファジーニューラル回路網、CMAC、又はマップの少なくとも一つを用いて行うことを特徴とする請求項9に記載のエンジン制御方式。

【請求項11】 前記動作パラメータが、燃料噴射量、点火時期、バルブタイミング、又は電子スロットルの開度の少なくとも一つであることを特徴とする請求項9又は10に記載のエンジン制御方式。

【請求項12】 前記所定の運転状態が加速状態であり、

前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量が、スロットル開度の微分値に対応したトルク変化率であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変化率が、予め設定したスロットル開度の微分値に対応した目標トルク変化率になるように前記動作パラメータの基本操作量に対する補正量を求めることを特徴とする請求項9～11の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項13】 前記所定の運転状態がエンジンの始動時の運転状態であり、

前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量が、エンジン回転数が上昇を始めるまでの時間であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記時間が、予め設定した上限時間より短くなるように燃料噴射量の基本操作量に対する補正量を求めることを特徴とする請求項9～11の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項14】 前記所定の運転状態が暖機運転時の運転状態であり、

前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量がトルク変動であり、

前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変動が、予め設定した数値値の範囲内に収まるように燃料噴射量の基本操作量に対する操作量を求めることを特徴とする請求項9～11の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【請求項15】 前記トルク変動を回転変動から求めることを特徴とする請求項14に記載のエンジン制御方式。

【請求項16】 前記所定の運転状態が非同期噴射時の運転状態であり、

前記運転状態に関するエンジン性能を表す物理量がスロットル開度の微分値に対応したトルク変化率であり、前記学習機能付きフィードフォワード制御により、前記トルク変化率が、予め設定したスロットル開度の微分値に対応する目標トルク変化率になるように、非同期噴射量、点火時期、バルブタイミング、又は電子スロットル開度の少なくとも一つの基本操作量に対する補正量を求めることを特徴とする請求項9～11の何れか一項に記載のエンジン制御方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エンジン性能を表す物理量を用いて、エンジンの制御を行うエンジン制御方式に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、エンジンの運転状態に基づいて燃料噴射装置等の動作パラメータの操作量を求め、該操作量に基づいて前記動作パラメータを制御して所望のエンジン性能を得るエンジン制御方式はある。このエンジン制御方式では、定常運転時等のようにエンジンが所謂通常の運転状態にある時のエンジンの運転状態に対する前記動作パラメータの操作量を予め実験等により求めて記憶したマップ等を用いて操作量を決定すると共に、加速時、始動時、又は暖機時等の所謂通常の運転状態とは異なる所定の運転状態に対しては、これら所定の運転状態に対する前記操作量の補正量を記憶した補正用マップを用意して対応している。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した従来のエンジン制御方式では、加速時、始動時、又は暖機時等に、それらのエンジン性能を直接表す情報（例えば、加速時の場合はトルク変化率等）ではなく、その時々々のエンジンの運転状態を表す情報に基づいて動作パラメータの操作量を決めているため、精度の高い制御を実行することができず、エンジンの運転状態によっては満足のいくエンジン性能が得られない場合があるという問題点があった。本発明は、上記した問題点を解決し、要求するエンジン性能を高い精度で得ることができるエンジン制御方式を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明の請求項1に係るエンジン制御方式は、エンジンが所定の運転状態にある時に、該運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物

理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、所定の動作パラメータの操作量を求めることを特徴とするものである。また、本発明の請求項9に係るエンジン制御方式は、エンジンの運転状態に基づいて所定の動作パラメータの基本操作量を求め、エンジンの所定の運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、前記基本操作量の補正量を求めることを特徴とするものである。

【0005】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に示した幾つかの実施例を参照して、本発明に係るエンジン制御方式の実施の形態について説明する。本発明に係るエンジン制御方式の基本概念を図1及び図2に示した二つの実施例に基づいて説明する。

【0006】図1は、本発明の第一の実施例に係るエンジン制御方式を実行する制御ブロック図を示している。図面に示すように、制御装置は、エンジンからエンジン性能を表す物理量を検知し、該物理量に基づく評価を行いながら、要求するエンジン性能を得るための動作パラメータの操作量を求めて出力する。制御装置は、例えば、ニューラル回路網、ファジーニューラル回路網、CMAC、又はマップ等を用いた学習可能なフィードフォワード制御を行うように構成されており、前記エンジン性能を表す物理量に基づいてエンジン性能の評価を行い、この評価結果に関する情報を教師データとして学習すると共に、評価が最適になる動作パラメータの操作量を求める。このように、要求するエンジン性能を表す物理量を検知し、前記物理量に基づく評価を行い、この評価が最適になる動作パラメータの操作量を求めることにより精度の高いエンジン制御を行うことが可能になり、また評価に基づいて得られた操作量を学習することにより経時変化等にも対応した応答性のよい制御を実行することが可能になる。また、上記した制御装置は、図1に仮想線で示すようにエンジン性能を表す物理量を入力して、この物理量に基づいてエンジン性能の評価を行い、評価が最適になる動作パラメータの操作量を求め、その後、前記操作量を教師データとして学習するようにも構成され得る。

【0007】図2は、本発明の第二の実施例に係るエンジン制御方式を実行する制御ブロック図を示している。図面に示すように、制御装置は、エンジンの運転状態を入力して動作パラメータの操作量を求める操作量演算部と、エンジン性能を表す物理量を検知し、該物理量に基づく評価を行いながら、要求するエンジン性能を得るための動作パラメータの操作量に対する補正値を演算する補正値演算部とから成る。前記操作量演算部は、エンジ

ンの運転状態に対応する動作パラメータの操作量を記憶したマップや、目標値を入力して動作パラメータの操作量を出力する逆モデル等から構成される。補正量演算部は、例えば、ニューラル回路網、ファジーニューラル回路網、CMAC、又はマップ等を用いた学習可能なフィードフォワード制御を行うように構成されており、前記エンジン性能を表す物理量に基づく評価が最適になる動作パラメータの操作量に対する補正量を求めると共に、その情報を学習する。このように、基本的な操作量をマップや逆モデル等により求め、前記操作量に対する補正量をエンジン性能を表す物理量に基づく評価を行いながら、この評価が最適になるように求め、該補正量で前記操作量を補正することにより、精度の高いエンジン制御を行うことが可能になり、また前記補正量演算部が、評価に基づいて得られた補正量を学習することにより経時変化等にも対応した応答性のよい制御を実行することが可能になる。また、このように、動作パラメータの基本操作量の決定と前記操作量の補正量の演算とに分けて最終的な操作量を求めることにより、基本的な操作量の決定方式が複雑化することなく、従来の操作量決定方式と同じ方式が利用できるようになる。また、前記補正量演算部は、図2に仮想線で示すように、エンジン性能を表す物理量を入力し、この物理量に基づいてエンジン性能の評価を行い、この評価結果に関する情報を教師データとして学習すると共に、評価が最適になる補正量を求めて出力するようにも構成され得る。

【0008】次に、図3～図16に基づいて、本発明に係るエンジン制御方式をエンジンの空燃比制御に適用した例について説明する。図3は、エンジン1と本発明に係るエンジン制御方式を実行する制御装置10との関係を示す概略図である。図3に示すように、前記制御装置10は、スロットル2に設けられたスロットル開度検出手段12から得られるスロットル開度に関する情報 $\alpha$ と、クランクケース3に設けられたクランク角検出手段13から得られるクランク角に関する情報 $r$ と、シリンダヘッド4に設けられた燃焼圧力検出手段14から得られる燃焼圧力変化率に関する（即ち、トルクに関する）情報 $p1$ と、シリンダブロック5に設けられた水温検出手段15及び油温検出手段16から得られる冷却水の温度に関する情報 $t1$ 及び潤滑油の温度に関する情報 $t2$ と、エアクリナ6に設けられた吸気温度検知手段17から得られる吸気温度に関する情報 $t3$ と、吸気管壁面に設けられた吸気管壁面温度検知手段17'から得られる吸気管壁面温度に関する情報 $t3'$ と、大気圧検知手段18から得られる大気圧に関する情報 $p2$ とを入力すると共に、排気管7に設けられた空燃比検出手段19から得られる実際の制御量 $E$ （空燃比 $A/F$ に関する情報）を入力し、これら入力情報に基づいて、エンジン1が所謂通常の運転状態にある時はもちろん、始動時、加減速時、暖機運転時、又は非同期噴射時等の特別な運転

状態にある時も、エンジンの空燃比（即ち、制御量 $E$ ）がこれら運転状態に適した値になるように、吸気管8に設けられた燃料噴射装置9の操作量 $M$ （即ち、燃料噴射量）を決定して出力する。

【0009】（制御装置10の内部構成について）以下に、制御装置10の内部構成について図4～図16を参照して詳細に説明していく。図4は、制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。図面に示すように、制御装置10は、エンジンの運転状態に対応した目標空燃比 $E_p$ に基づいて燃料噴射装置9の基本操作量 $M_f$ を決定する基本操作制御部20と、エンジンの運転状態に対応した前記目標空燃比 $E_p$ を決定し、該目標空燃比 $E_p$ を前記基本操作制御部20に出力する目標空燃比制御部30と、例えば、急加速時等のように急激なトルク変化を必要とする特別な運転状態の時に、要求されるトルク変化率が得られるように非同期噴射を行うための非同期噴射操作量 $M_a$ を決定する非同期噴射操作制御部40と、エンジン始動時という特別な運転状態の時に、前記基本操作制御部20に代わって、燃料噴射装置9の始動時操作量 $M_s$ を決定する始動時操作制御部50と、前記基本操作制御部20と始動時操作制御部50との切り換えを行う切換部60と、クランク角検出手段13から得られるクランク角信号 $r$ に基づいてエンジン回転数 $n$ を算出して、各制御部に出力するエンジン回転数算出部70とを備えている。

【0010】（基本操作制御部20について）基本操作制御部20は、スロットル開度信号 $\alpha$ 、エンジン回転数信号 $n$ 、大気圧信号 $p2$ 、及び吸気温度信号 $t3$ に加えて目標制御量（目標空燃比） $E_p$ と実際の制御量（空燃比） $E$ とを入力し、これらの入力情報に基づいて、エンジンの運転状態に対応した燃料噴射装置9の基本操作量 $M_f$ を決定して出力する。図5は、図4における基本操作制御部20の内部構成を示すブロック図である。図5に示すように、この基本操作制御部20は、吸気管8内の空気の挙動をモデル化した空気系順モデル21、燃料噴射装置9から噴射される燃料の挙動をモデル化した燃料系順モデル22、推定制御量演算部23、及び基本操作量演算部24を備えており、前記空気系順モデル21、燃料系順モデル22、及び推定制御量演算部23によりエンジン1の順モデルを構成すると共に、前記推定制御量演算部23の出力を基本操作量演算部24にフィードバックして基本操作量 $M_f$ を算出するエンジンの逆モデルを構成している。

【0011】（空気系順モデル21について）前記空気系順モデル21は、例えば、空気量をスロットル開度及び吸気負圧を用いた流体学的な数式でモデル化し、また、前記吸気負圧を前記空気量、エンジン回転数、及び体積効率を用いた流体学的な数式でモデル化し、さらに、前記体積効率を前記吸気負圧及びエンジン回転数を用いたファジーニューラル回路網（学習可能なモデル化

手段であれば任意の手段でよく、単なるニューラル回路網でもまた、CMACでもよい)でモデル化し、これら各モデルを用いて推定空気量 $A_v$ を求めるように構成され得る。前記体積効率をモデル化しているファジーニューラル回路網は、制御量の実測値 $E$ 、即ち、実際の空燃比を入力し、「モデルの体積効率が大きくなると実際の空燃比は小さくなる」という体積効率と空燃比との関係に基づいて、エンジン運転中に、実際の制御量 $E$ と目標制御量 $E_p$ との誤差を小さくするよう学習を行うように構成され得る。また、前記空気量の数式モデルと、吸気負圧の数式モデルとは相互に空気量及び吸気負圧をパラメータとして必要とするため、例えば、吸気負圧だけは、予め圧力センサ等で検出した測定値等の適当な値を初期値として入力する必要がある、これにより、エンジン回転数信号 $n$ とスロットル開度信号 $r$ とから、その時の推定空気量 $A_v$ を求めることが可能になる。

【0012】(燃料系順モデル22について)燃料系順モデル22は、例えば、燃料噴射装置9から噴射された燃料の蒸発時定数をエンジン回転数信号 $n$ 、スロットル開度信号 $r$ 、及び吸気管壁面温度信号 $t_3$ を入力とするニューラル回路網(学習可能なモデル化手段であれば任意の手段でよく、ファジーニューラル回路網でも、また、CMACでもよい)でモデル化すると共に、前記噴射燃料の吸気管内壁や吸気バルブ等に対する燃料付着率をエンジン回転数信号 $n$ 及びスロットル開度 $r$ を入力とするニューラル回路網(学習可能なモデル化手段であれば任意の手段でよく、ファジーニューラル回路網でも、また、CMACでもよい)でモデル化し、これらにより、噴射燃料の蒸発時定数及び燃料付着率を推定し、これら蒸発時定数及び燃料付着率を用いて、基本操作量 $M_f$ に対応する推定燃料噴射量 $F_v$ を求めるように構成されている。前記蒸発時定数に関するニューラル回路網及び燃料付着率に関するニューラル回路網は、各々制御量の実測値 $E$ 、即ち、実際の空燃比を入力し、「モデルの蒸発時定数が大きいと実際の空燃比は小さくなる」という蒸発時定数と空燃比との関係、及び「モデルの燃料付着率が大きいと実際の空燃比は小さくなる」という燃料付着率と空燃比との関係に基づいて、実際の制御量 $E$ と目標制御量 $E_p$ との誤差を小さくするよう学習を行うように構成され得る。

【0013】(推定制御量演算部23及び基本操作量演算部24について)前記推定制御量演算部20は、前記空気系順モデル21及び燃料系順モデル22で得られる推定空気量 $A_v$ 及び推定燃料量 $F_v$ を入力し、これらに基づいて推定空燃比、即ち、推定制御量 $E_v$ を算出し、この推定制御量 $E_v$ を基本操作量演算部24にフィードバックする。基本操作量演算部24は、前記目標空燃比制御部30から出力された目標空燃比 $E_p$ と、前記推定制御量演算部23からフィードバックされた推定制御量 $E_v$ とに基づいて、目標空燃比 $E_p$ と推定空燃比 $E_v$ と

の差が小さくなるように基本操作量 $M_f$ を算出する。この基本操作量 $M_f$ を基本操作量制御部20の出力として出力される共に、前記燃料系順モデル22にも入力される。

【0014】(目標空燃比制御部30について)目標空燃比制御部30は、スロットル開度信号 $\alpha$ 、エンジン回転数信号 $n$ 、クランク角信号 $r$ 、燃焼圧力変化率信号 $p_1$ 、水温信号 $t_1$ 、及び油温信号 $t_2$ を入力し、これらの入力情報に基づいて、エンジンの運転状態に対応した目標空燃比 $E_p$ を決定して、基本操作制御部20に出力する。図6は、図4における目標空燃比制御部30の内部構成を示す概略ブロック図である。この目標空燃比制御部30は、基本目標空燃比決定部31、回転変動検出部32、変動許容値決定部33、比較部34、補正量算出部35、加減速時補正量決定部36、スロットル開度微分値演算部37、及び追加補正量算出部38を備えており、基本目標空燃比決定部31でエンジンの運転状態に対応した基本目標制御量 $E_{pf}$ を決定すると共に、それ以外の各処理部32~38で、特別な運転状態に対応した前記基本目標制御量 $E_{pf}$ の補正量を算出し、基本目標制御量 $E_{pf}$ 及び各補正量に基づいて目標制御量 $E_p$ を決定して出力するように構成されている。

【0015】(基本目標空燃比決定部31について)基本目標空燃比決定部31は、スロットル開度 $\alpha$ 、エンジン回転数 $n$ 、水温 $t_1$ 及び油温信号 $t_2$ を入力し、これら各温度に対応する基本目標制御量 $E_{pf}$ を出力するニューラル回路網から成る(図7参照)。このニューラル回路網は、例えば、水温及び油温が所定値より低い場合には、エンジン1が暖機運転状態にあるのでエンジン1の回転を安定させるように基本目標空燃比をリッチにし、また、水温及び油温が所定値より高い場合には、基本目標空燃比をリーンにする等、制御すべきエンジン1の様々な水温及び油温に対応する最適な空燃比の情報が予め学習されている。

【0016】(回転変動検出部、変動許容値決定部、比較部、及び補正量算出部について)回転変動検出部32は、クランク角検出手段13から得られるエンジン1が膨張行程にある時の所定の2点のクランク角信号 $r$ をフィードバック情報として入力し、このクランク角信号 $r$ に基づいて、各サイクル毎に前記2点のクランク角間の角速度 $v$ を演算し、さらに、前記2点のクランク角間の角速度( $v_1$ 及び $v_2$ )から角加速度( $acc$ )を演算する。この角加速度の演算を繰り返す毎、即ち、各サイクル毎に、角加速度の平均値( $acc\_ave$ )を求め、その時の角加速度( $acc$ )と角加速度平均値( $acc\_ave$ )との差の絶対値を角加速度変動値( $f_1$ )とし、当該角加速度変動値( $f_1$ )を燃焼悪化指数( $pnt$ )として次々に累積加算する。そして、上記した処理を100サイクル分繰り返して得た燃焼悪化指数( $pnt$ )を回転変動として出力する。一方、変動許容

値決定部33は、エンジン1のエンジン回転数及びスロットル開度に対応した回転変動の許容値(1im)を予め実験等により求めてマップや数式等の形式で記憶しており、エンジン回転数信号n及びスロットル開度信号 $\alpha$ を入力して、その時の回転変動の許容値(1im)を出力する。比較部34では、前記回転変動検出部32から得られる実際の回転変動(pnt)と、変動許容値決定部33から得られる変動許容値(1im)とを比較し、その比較結果を補正值演算部35に出力する。補正值演算部35は、実際の回転変動(pnt)が変動許容値(1im)より大きい場合には、エンジン1の回転が安定していないと判断して、その差に比例して目標空燃比E<sub>p</sub>がリッチになるように、即ち、燃料噴射装置9から噴射される燃料量が多くなるように、基本目標空燃比E<sub>p</sub>fを補正する補正值A<sub>r</sub>を出力し、また、実際の回転変動(pnt)が変動許容値(1im)より小さい場合には、エンジン1の回転が安定していると判断して、前記補正值A<sub>r</sub>をゼロにする。図8に、上記した回転変動検出部32、変動許容値決定部33、比較部34、及び補正值算出部35の処理を一連のフローチャートで示す。エンジンの回転変動は、エンジン1の回転の安定性に関する性能を直接表す情報であり、特に、暖機運転時のような特別な運転状態の時には、この回転変動が大きいとエンジンの回転が安定しておらずエンジンが停止しそうな状態に陥っているので、上記したように、予めエンジン回転数及びスロットル開度に対応した変動許容値を求めておき、実際の回転変動が変動許容値より大きい場合に、基本目標空燃比E<sub>p</sub>fを補正して目標空燃比E<sub>p</sub>をリッチにすることにより、図9に示すように、基本操作量制御部20が出力する燃料噴射装置9の基本操作量M<sub>f</sub>が大きくなり、燃料噴射量が増加して(即ち、空燃比の実測値Eがリッチになり)、エンジン1の回転が安定するようになる。基本目標空燃比決定部31を構成するニューラル回路網は、上記した実際の回転変動をフィードバックすることにより得られる補正值算出部35からの補正值A<sub>r</sub>を加えた基本操作量M<sub>f</sub>を教師データとして、その時のスロットル開度、エンジン回転数、水温及び油温に対応させて学習する。これにより、学習後は、例えば、暖機運転時等のようにエンジン1の回転変動に関係が深い運転状態の時の制御性が向上する。このように、暖機運転時のような特別な運転状態の時に、暖機運転時のエンジン性能を直接表すエンジンの回転変動をフィードバックして基本制御量M<sub>f</sub>を補正しながら燃料噴射量を制御し、さらに、その結果を学習していくことにより、他のファクタに基づく制御に比べて応答性がよく、また、経時変化にも対応できるようになるのでエンジンの回転安定性が著しく向上することになる。

【0017】(加減速時補正值決定部36について)加減速時補正值決定部36は、スロットル開度 $\alpha$ 、スロットル開度微分値演算部37から得られるスロットル開度

微分値 $d\alpha/dt$ 、及びエンジン回転数nを入力し、これらの各条件に対応する基本目標制御量E<sub>p</sub>fに対する加減速補正值A<sub>s</sub>を出力するニューラル回路網から成る(図10参照)。このニューラル回路網は、例えば、スロットルが急激に開かれた場合には、運転者は急加速を求めているので、目標空燃比E<sub>p</sub>がリッチになってエンジン1のトルクが急激に立ちあがるように基本目標制御量E<sub>p</sub>fを補正する加減速時補正值A<sub>s</sub>を出力する等、スロットル開度等の各条件に対応する基本目標制御量E<sub>p</sub>fに対する加減速時補正值A<sub>s</sub>が予め学習されている。

【0018】(追加補正值演算部38について)追加補正值演算部38は、スロットル開度微分値に対応した最適な燃焼圧力変化率p<sub>s1</sub>(即ち、トルク変化率)を予め実験等により求めてマップや数式の形式で記憶しており、スロットル開度微分値演算部37から得られる実際のスロットル開度微分値 $d\alpha/dt$ からその時の最適な燃焼圧力変化率p<sub>s1</sub>を求め、この最適燃焼圧力変化率p<sub>s1</sub>と、燃焼圧力検出手段14からフィードバックされるその時の実際の燃焼圧力変化率p<sub>1</sub>とを比較し、この差が小さくなるように前記加減速時補正值A<sub>s</sub>に対する追加補正值A<sub>s</sub>aを算出して出力する。即ち、例えば、スロットルが急激に開かれた時に、実際の燃焼圧力変化率p<sub>1</sub>が最適燃焼圧力変化率p<sub>s1</sub>より小さい場合には、エンジン1が運転者の求める加速を行っていないので、燃料噴射量が多くなりトルク変化率が高くなるように、基本目標制御量E<sub>p</sub>fに対する加減速時補正值A<sub>s</sub>を補正するような追加補正值A<sub>s</sub>aを算出し出力する。この追加補正值A<sub>s</sub>aは、前記加減速時補正值A<sub>s</sub>に加算され、また、前記加減速時補正值決定部36を構成するニューラル回路網は、追加補正值A<sub>s</sub>aが加算された加減速時補正值A<sub>s</sub>を教師データとして、その時のスロットル開度 $\alpha$ 、スロットル開度微分値 $d\alpha/dt$ 、及びエンジン回転数nと対応させて学習する。エンジン1の燃焼圧力変化率、即ち、トルク変化率は、エンジン1の加速及び減速性能を直接的に表す情報であり、これが低ければ、加速又は減速が悪く、また、これが高ければ、加速又は減速が激しくなっていると言える。従って、図11に示すように、スロットル開度に対して実際に得られるトルク変化率が最適トルク変化率に達していない時に、上記したように加減速時補正值A<sub>s</sub>を追加補正值A<sub>s</sub>aでさらに補正して目標制御量E<sub>p</sub>をリッチに、即ち、燃料噴射量を多くすると共に、この値を加減速時補正值決定部36で学習することにより、学習後は、スロットル開度に対して運転者の要求する最適なトルク変化が、即ち、加速/減速が得られるようになる。尚、図11に示すように、エンジンの加速/減速特性を制御する場合の動作パラメータは、空燃比、即ち、燃料噴射量だけに限られず、点火時期等の他の動作パラメータでもよく、また、これらを同時に制御してもよい。例



えば、点火時期の場合、十分なトルクの立上がりを得るためには、点火時期を進角させるように制御され得る。また、図示していないが動作パラメータとして電子スロットル開度を制御する場合、エンジンにとって最も効率のよい開度変化を与えるように制御され得、これにより、息つきや過剰なトルクの急変を防止できる。

【0019】（非同期噴射操作制御部40について）次に、図12を参照して、図4における非同期噴射操作制御部40について説明する。図12は、非同期噴射操作制御部40の内部構造を示す概略ブロック図である。この非同期噴射操作制御部40は、基本非同期噴射操作量決定部41、目標トルク変化率決定部42、トルク変化率演算部43、比較部44、補正值算出部45、及びスロットル開度微分値演算部46を備えている。

【0020】（基本非同期噴射操作量決定部41について）基本非同期噴射操作量決定部41は、エンジン回転数信号 $n$ 、スロットル開度信号 $\alpha$ 、及びスロットル開度微分値演算部46で得られるスロットル開度微分値 $d\alpha/dt$ を入力して、基本非同期噴射操作量 $Ma f$ を出力するファジーニューラル回路網から成る（図13参照）。このファジーニューラル回路網は、例えば、スロットル開度、エンジン回転数、及びスロットル開度微分値に対応した非同期噴射量を得るための非同期噴射操作量が予め学習されている。

【0021】（目標トルク変化率決定部42、トルク変化率演算部43、比較部44、及び補正值算出部45について）目標トルク変化率決定部42は、スロットル開度微分値及びエンジン回転数を入力し、これらの情報に対応した最適なトルク微分値、即ち、目標トルク変化率 $h_p$ を求める。トルク変化率演算部43は、燃焼圧力検知手段14から実際の燃焼圧力変化率 $p_1$ をフィードバックし、この燃焼圧力変化率 $p_1$ に基づいて実際のトルク変化率 $h$ を求める。比較部44では、目標トルク変化率 $h_p$ と実際のトルク変化率 $h$ とを比較し、その結果を補正值算出部45に出力する。補正值算出部45では、比較部44からの比較結果に基づいて実際のトルク変化率 $h$ が目標トルク変化率 $h_p$ と同じ値になるように基本非同期噴射操作量 $Ma f$ を補正する補正值 $A_m$ を算出し、基本非同期噴射操作量 $Ma f$ に加算して、非同期噴射操作量 $Ma$ として非同期噴射操作制御部40から出力させる。この時、基本非同期噴射操作量決定部41を構成するファジーニューラル回路網は、補正值 $A_m$ で補正された非同期噴射操作量 $Ma$ を教師データとして、「エンジン回転数が高く、スロットル開度が大きく、スロットル開度微分値が大きい場合には、非同期噴射量は多くなる」、「エンジン回転数が低く、スロットル開度が小さく、スロットル開度微分値が小さい場合には、非同期噴射量が少なくなる」、また、「エンジン回転数が大きく、スロットル開度が大きく、スロットル開度微分値が小さい場合には、非同期噴射量はやや多くなる」等の非

同期噴射量と、エンジン回転数等の各入力との関係に基づいて学習を行う。トルク変化率は、エンジン1の加速性能を直接的に表す情報なので、このトルク変化率をフィードバックして、最適なトルク変化率が得られるように基本非同期噴射操作量 $Ma f$ を補正すると共に、補正後の非同期噴射操作量 $Ma$ を教師データとして基本非同期噴射量決定部41を構成するファジーニューラル回路網が学習を行うことにより、学習後は、図14に示すような最適な量の非同期噴射を得ることができ、運転者の要求するトルク変化率が得られるようになる。尚、基本非同期噴射操作量決定部41は、図12に仮想線で示すように、補正值算出部45で得られる情報を学習情報（教師データ）としてそのまま入力して学習するようにも構成され得る。

【0022】（始動時操作制御部50について）次に、図15を参照して、図4における始動時操作制御部50について説明する。図15は、始動時操作制御部50の内部構造を示す概略ブロック図である。図面に示すように、この始動時操作制御部50は、始動時基本操作量決定部51、始動時間算出部52、目標始動時間記憶部53、比較部54、及び補正值算出部55を備えている。始動時基本操作量決定部51は、水温 $t_1$ 、吸気温度 $t_3$ 、大気圧 $p_2$ 、スロットル開度 $\alpha$ 、及びエンジン回転数 $n$ を入力し、始動時基本操作量 $Ms f$ を出力するニューラル回路網から成る（図14参照）。このニューラル回路網は、エンジン回転数 $n$ 等の各条件に対応する始動時の最適な操作量 $Ms f$ が予め学習されている。始動時間算出部52は、エンジン回転数信号 $n$ をフィードバックし、エンジン1が実際にかかるまでの時間 $T_r$ を、エンジンをかけ始めてからエンジン回転数が予め定めた所定の回転数以上になるまでの時間を計測することにより求める。目標始動時間記憶部53には予めエンジンが始動し始めるまでの最適な時間 $T_p$ 、例えば、1秒間等の情報が記憶されており、比較部54では、エンジンがかかるまでの実際の時間 $T_r$ と前記目標時間 $T_p$ とを比較し、この結果を補正值算出部55に送る。補正值算出部55では、前記実際の時間 $T_r$ が目標時間 $T_p$ になるように始動時基本操作量 $Ms f$ の補正值 $A_n$ を算出して出力する。即ち、例えば、エンジンがかかるまでに実際に要した時間 $T_r$ が目標時間 $T_p$ を越えている場合には、燃料噴射量が多くなるように始動時基本操作量 $Ms f$ を補正するよう補正值 $A_n$ を求める。始動時操作制御部50は、前記始動時基本操作量 $Ms f$ に当該補正值 $A_n$ を加算した値を始動時操作量 $Ms$ として出力すると同時に、始動時基本操作量決定部51を構成するニューラル回路網は、補正後の始動時操作量 $Ms$ を教師データとした学習を行う。エンジンが実際にかかるまでの時間 $T_r$ は、エンジンの始動運転状態におけるエンジン性能を直接的に表す情報であるので、ニューラル回路網で構成された始動時基本操作量決定部51が、前記実際の時

間Trをフィードバックして得られた補正値Amで補正された後の始動時操作量Msを教師データとして学習を行うと、学習後は、エンジンの始動性能が著しく向上する。尚、始動時操作量演算部50は、図15に仮想線で示すように、補正値算出部54で得られる情報を学習情報(教師データ)としてそのまま入力して学習するようにも構成され得る。

【0023】(切換部60について)切換部60は、上述した基本操作制御部20と始動時操作制御部50との切り換えを行う。この切換部60は、エンジン始動時には常に、始動時操作制御部50に接続されており、エンジン回転数が所定の値を越えた時にエンジン1がかかったと判断して、その接続が基本操作制御部20に切り替わり、以後は、再度エンジンを始動させる時まで、基本操作制御部20に接続された状態を維持する。

【0024】(別の適用例について)以上説明した本実施例では、基本目標空燃比決定部31、加減速補正量決定部36、及び始動時基本操作量決定部51をニューラル回路網で構成すると共に、基本非同期噴射操作量決定部41をファジーニューラル回路網で構成しているが、これら、各部を構成する手段は本実施例に限定されることなく、学習可能な構成手段であれば任意の手段でよく、例えば、ニューラル回路網の代わりにファジーニューラル回路網を用いてもよく、また、ファジーニューラル回路網の代わりにニューラル回路網を用いてもよく、さらに、ニューラル回路網及びファジーニューラル回路網の代わりにCMACを用いてもよい。また、本実施例では、エンジンの運転状態が通常運転状態にある時に加えて、始動時、加減速時、暖機運転時、及び非同期噴射運転時のような特別な運転状態にある時にも、エンジンを制御する動作パラメータとして燃料噴射装置9の操作量、即ち、燃料噴射量を用いているが、エンジンを制御する動作パラメータは本実施例に限定されることなく任意のパラメータでよく、例えば、電子スロットル開度、点火時期、又はバルブタイミング等を制御してもよい。この場合、例えば、電子スロットル開度は、エンジンの運転状態が、加速状態にある時に、トルク変化率を高め、又始動時、暖機時には、エンジンの回転を安定させるように制御され得、また、点火時期は、エンジンの運転状態が加速状態にある時にトルク変化率を高めるために進角させるように制御され得、さらに、バルブタイミングは、エンジンの運転状態が、高負荷、高回転時にバルブオーバーラップを増やし、低負荷、低回転時にバルブオーバーラップを減らすように制御され得る。また、上記した各種動作パラメータは個々に制御してもよく、また少なくとも二種類の動作パラメータを同時に制御してもよい。二種類以上の動作パラメータを制御する場合には、各動作パラメータに対する処理は直列的に順次行ってもよく、また、並列的に同時に行ってもよい。

【0025】

【発明の効果】以上説明した本発明の請求項1に係るエンジン制御方式によれば、エンジンが所定の運転状態にある時に、該運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、所定の動作パラメータの操作量を求めるので、エンジン性能に関係のない情報に基づく制御方式に比べて、制御の精度が向上し、より最適な運転状態が得られるようになり、また、エンジン性能を表す物理量により求めた操作量を教師データとして学習を行うので、学習後の制御の応答性が向上し、また、経時変化にも対応できるようになるという効果を奏する。また、本発明の請求項9に係るエンジン制御方式によれば、エンジンの運転状態に基づいて所定の動作パラメータの基本操作量を求め、エンジンの所定の運転状態に関係のあるエンジン性能を表す物理量を検知し、学習機能付きフィードフォワード制御により、前記検知された物理量に基づいてエンジン性能を評価し、この評価結果に関する情報を前記学習の教師データとして用いると共に、前記基本操作量の補正量を求めるので、上記した効果の他、動作パラメータの基本操作量を求める方式が複雑化することなく、従来の操作量決定方式と同じ方式が利用できるようになるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第一の実施例に係るエンジン制御方式を実行する制御ブロック図を示している。

【図2】 本発明の第二の実施例に係るエンジン制御方式を実行する制御ブロック図を示している。

【図3】 エンジン1と本発明に係るエンジン制御方式を実行する制御装置10との関係を示す概略図である。

【図4】 制御装置10の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図5】 図4における基本操作制御部20の内部構成を示すブロック図である。

【図6】 図4における目標空燃比制御部30の内部構成を示す概略ブロック図である。

【図7】 基本目標空燃比決定部31を構成するニューラル回路網の概略構成図である。

【図8】 回転変動検出部32、変動許容値決定部33、比較部34、及び補正量算出部35の一連の処理を示すフローチャートである。

【図9】 角加速度、目標空燃比、及び実際の空燃比の関係を示す図である。

【図10】 加減速時補正量決定部36を構成するニューラル回路網の概略構成図である。

【図11】 スロットル開度、目標空燃比及びトルクの関係を学習前及び学習後に分けて示す図である。

【図12】 非同期噴射操作制御部40の内部構造を示す概略ブロック図である。

【図13】 基本非同期噴射操作量決定部41を構成するファジーニューラル回路網の概略構成図である。

【図14】 スロットル開度、同期噴射パルス、非同期噴射パルス、及びトルクの間係を学習前及び学習後に分けて示す図である。

【図15】 始動時操作制御部50の内部構造を示す概略ブロック図である。

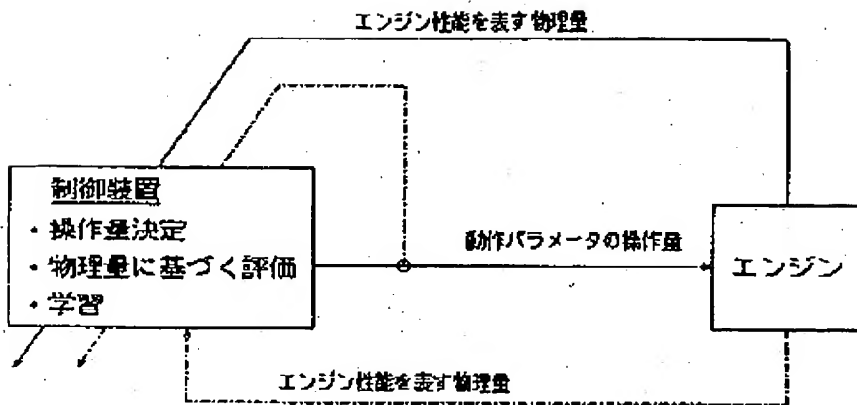
【図16】 始動時基本操作量決定部51を構成するニューラル回路網の概略構成図である。

【符号の説明】

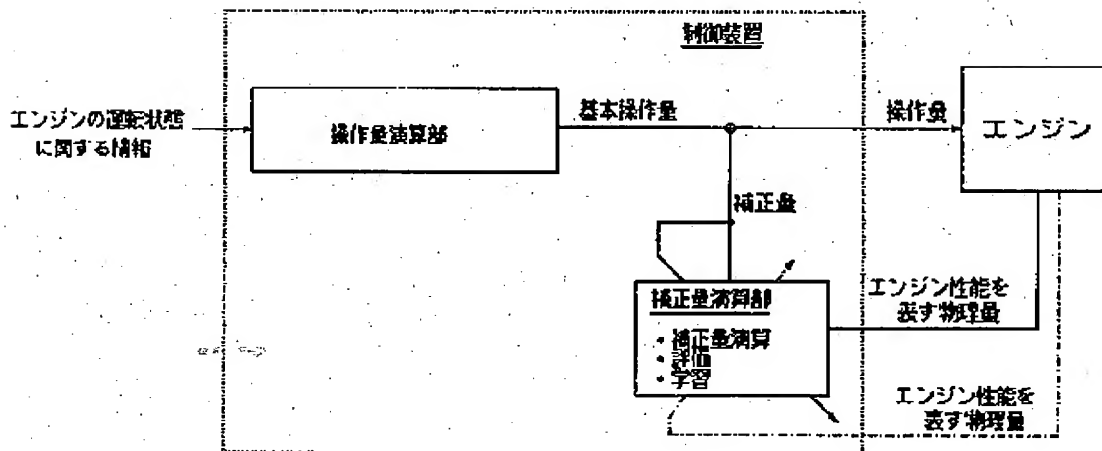
- 1 エンジン
- 2 スロットル
- 3 クランクケース
- 4 シリンダヘッド
- 5 シリンダブロック
- 6 エアクリーナ
- 7 排気管
- 8 吸気管
- 9 燃料噴射装置
- 10 制御装置
- 12 スロットル開度検出手段
- 13 クランク角検出手段
- 14 燃焼圧力検出手段
- 15 水温検出手段
- 16 油温検出手段
- 17 吸気温度検出手段
- 17 吸気管壁面温度検知手段
- 18 大気圧検出手段
- 19 空燃比検出手段
- 20 基本操作制御部
- 21 空気系順モデル
- 22 燃料系順モデル
- 23 推定制御量演算部
- 24 基本操作量演算部
- 30 目標空燃比制御部
- 31 基本目標空燃比決定部
- 32 回転変動検出部
- 33 変動許容値決定部
- 34 比較部
- 35 補正值算出部
- 36 加減速時補正量決定部
- 37 スロットル開度微分値演算部
- 38 追加補正量演算部
- 40 非同期噴射操作制御部
- 41 基本非同期噴射操作量決定部
- 42 目標トルク変化率決定部
- 43 トルク変化率演算部

- 44 比較部
- 45 補正值算出部
- 46 スロットル開度微分値演算部
- 50 始動時操作制御部
- 51 始動時基本操作量決定部
- 52 始動時間算出部
- 53 目標始動時間記憶部
- 54 比較部
- 55 補正量算出部
- 10 60 切換部
- 70 エンジン回転数算出部
- $\alpha$  スロットル開度信号
- $r$  クランク角信号
- $p1$  燃焼圧力変化率信号
- $t1$  水温信号
- $t2$  油温信号
- $t3$  吸気温度信号
- $t3$  吸気管壁面温度信号
- $p2$  大気圧信号
- 20  $n$  エンジン回転数
- $d\alpha/dt$  スロットル開度微分値
- ※制御量 = 空燃比
- $E$  制御量実測値
- $E_p$  目標制御量
- $E_{pf}$  基本目標制御量
- $E_v$  推定制御量
- $A_r$  (回転変動用) 補正值
- $A_s$  (加減速用) 補正值
- $A_{sa}$  追加補正值
- 30  $A_m$  (非同期) 補正值
- ※操作量 = 燃料噴射装置の操作量
- $M$  操作量
- $M_f$  基本操作量
- $M_{af}$  基本非同期噴射操作量
- $M_a$  非同期噴射操作量
- $M_{sf}$  始動時基本操作量
- $M_s$  始動時操作量
- $A_v$  推定空気量
- $F_v$  推定燃料噴射量
- 40  $v$  角速度
- $a_{cc}$  角加速度
- $a_{cc\_ave}$  角加速度平均
- $fl$  角加速度変動値
- $pnt$  燃焼悪化指数
- $lim$  回転変動許容値
- $h$  トルク変化率
- $hp$  目標トルク変化率

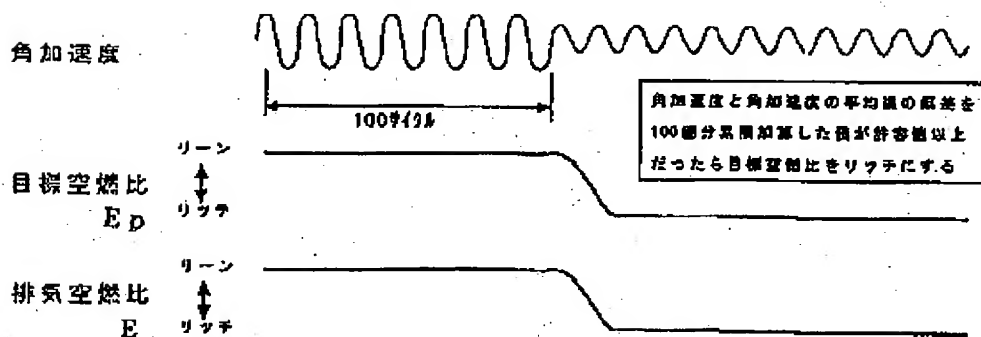
【図1】



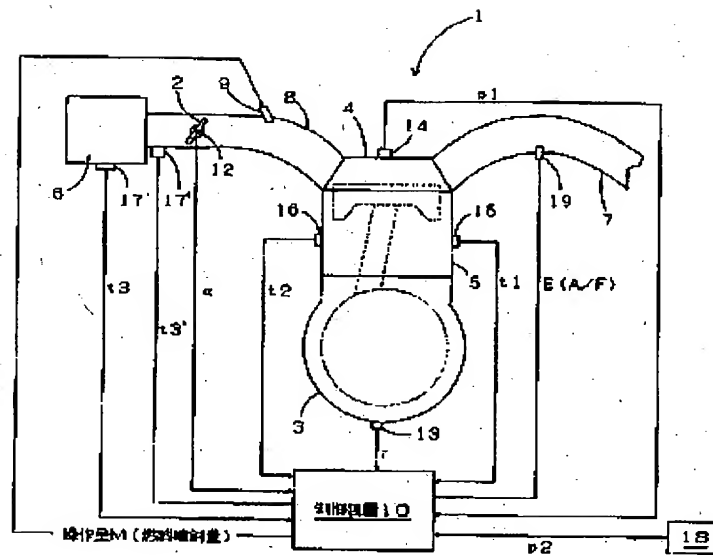
【図2】



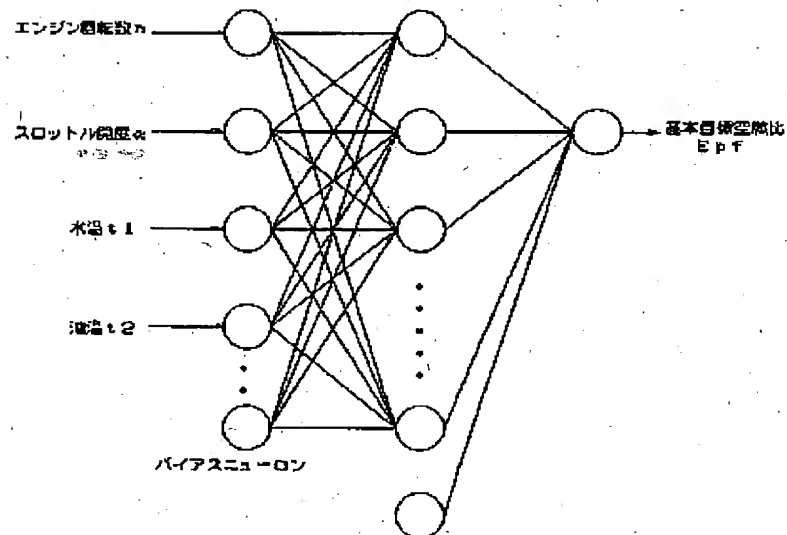
【図9】



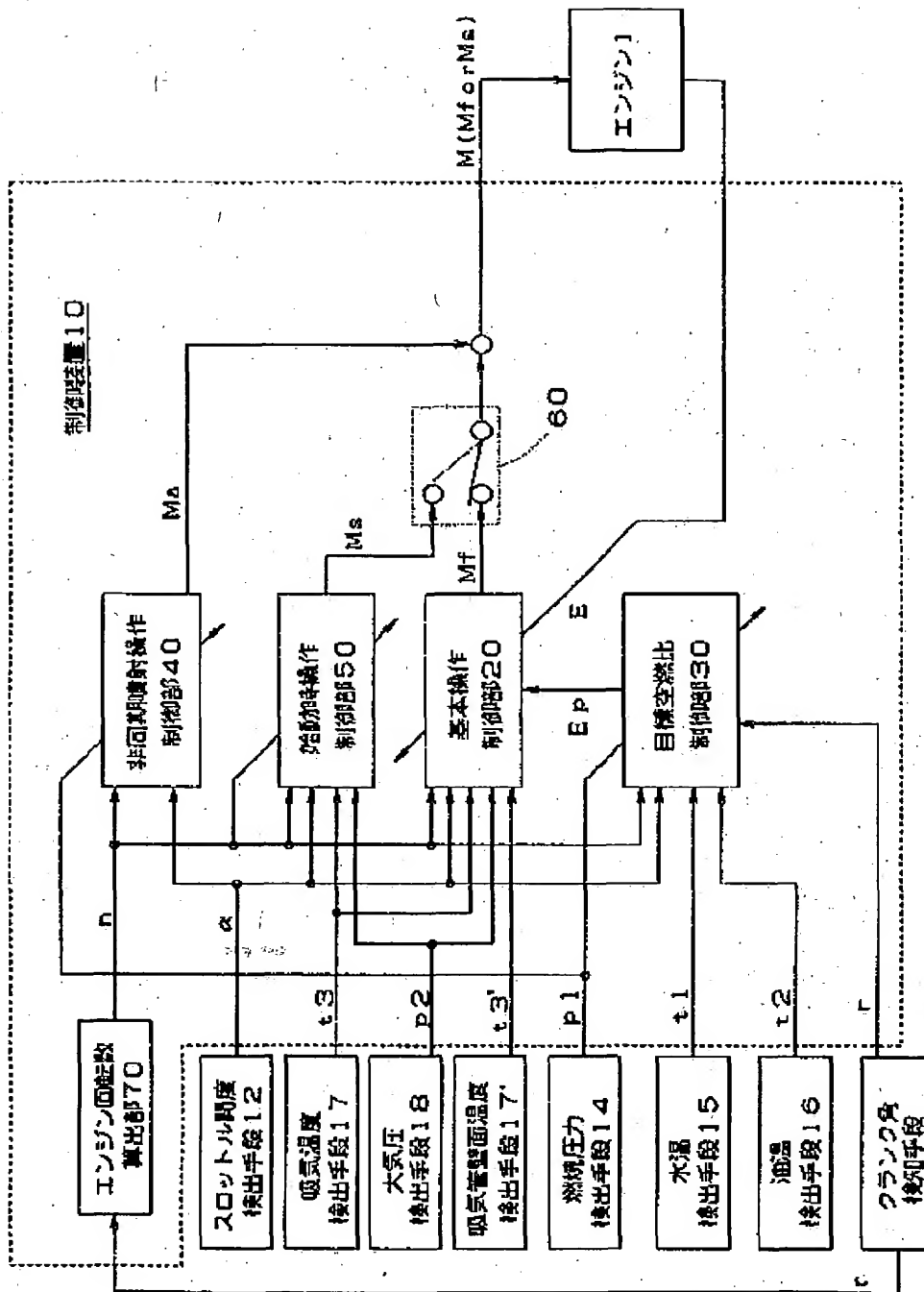
【図3】



【図7】

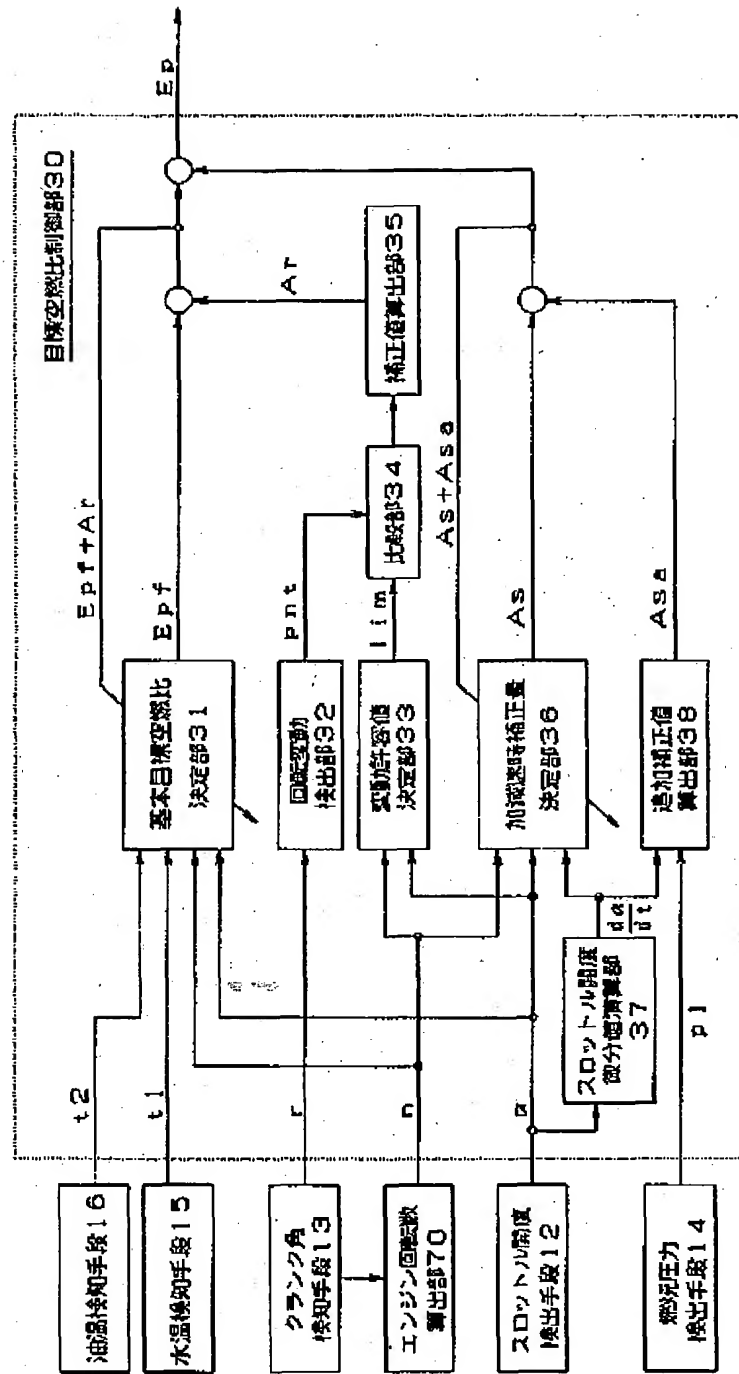


【図4】



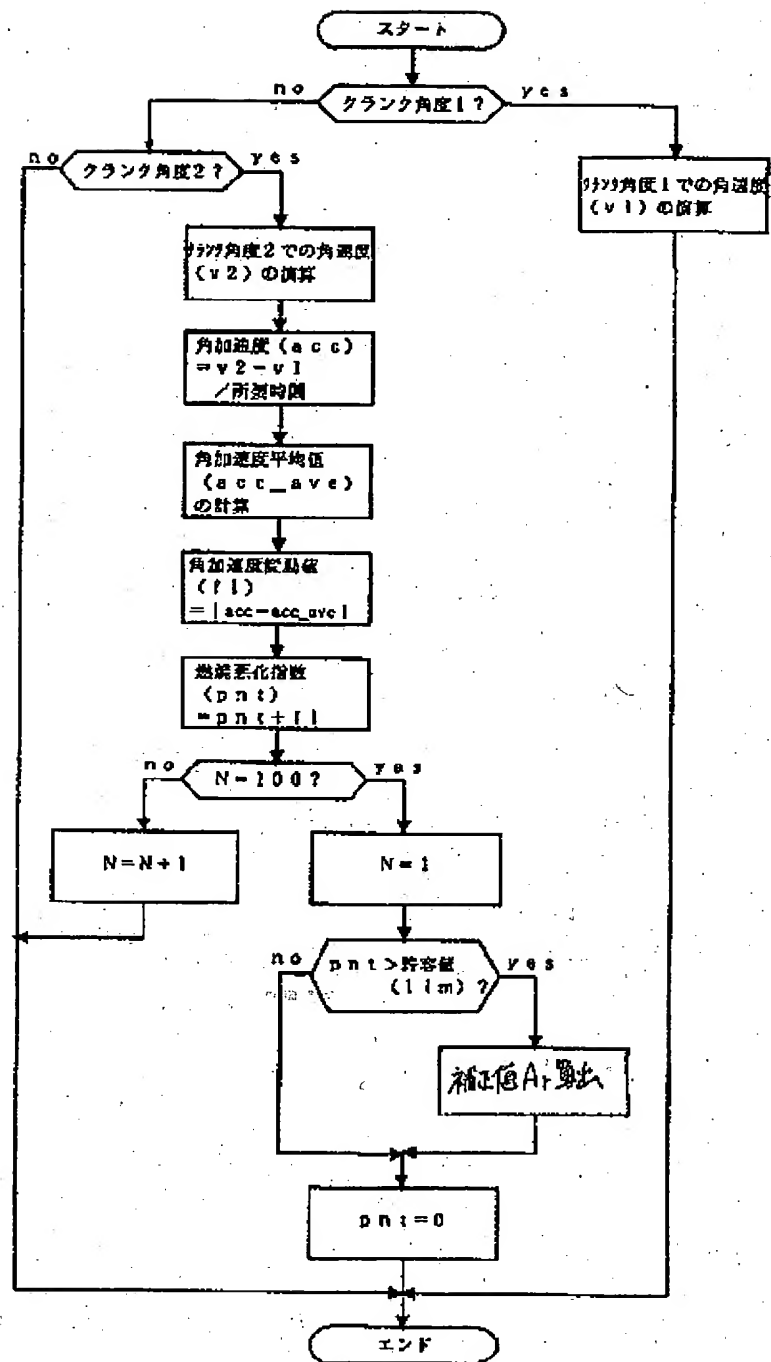


【図6】

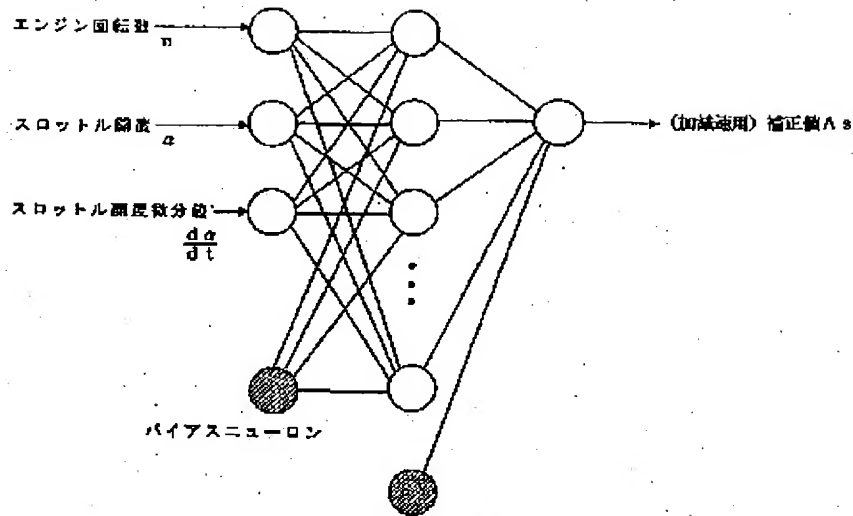




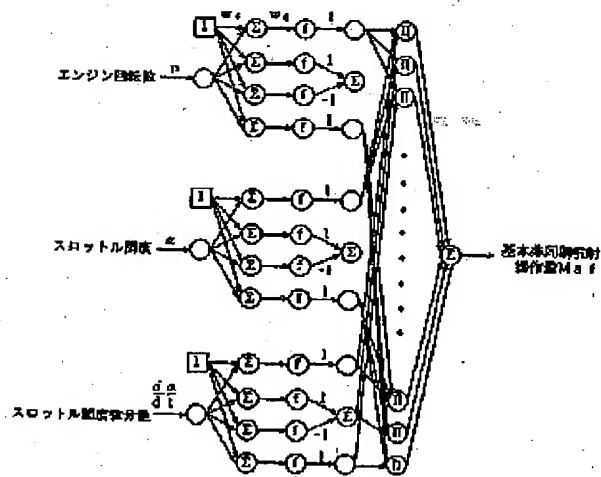
【図8】



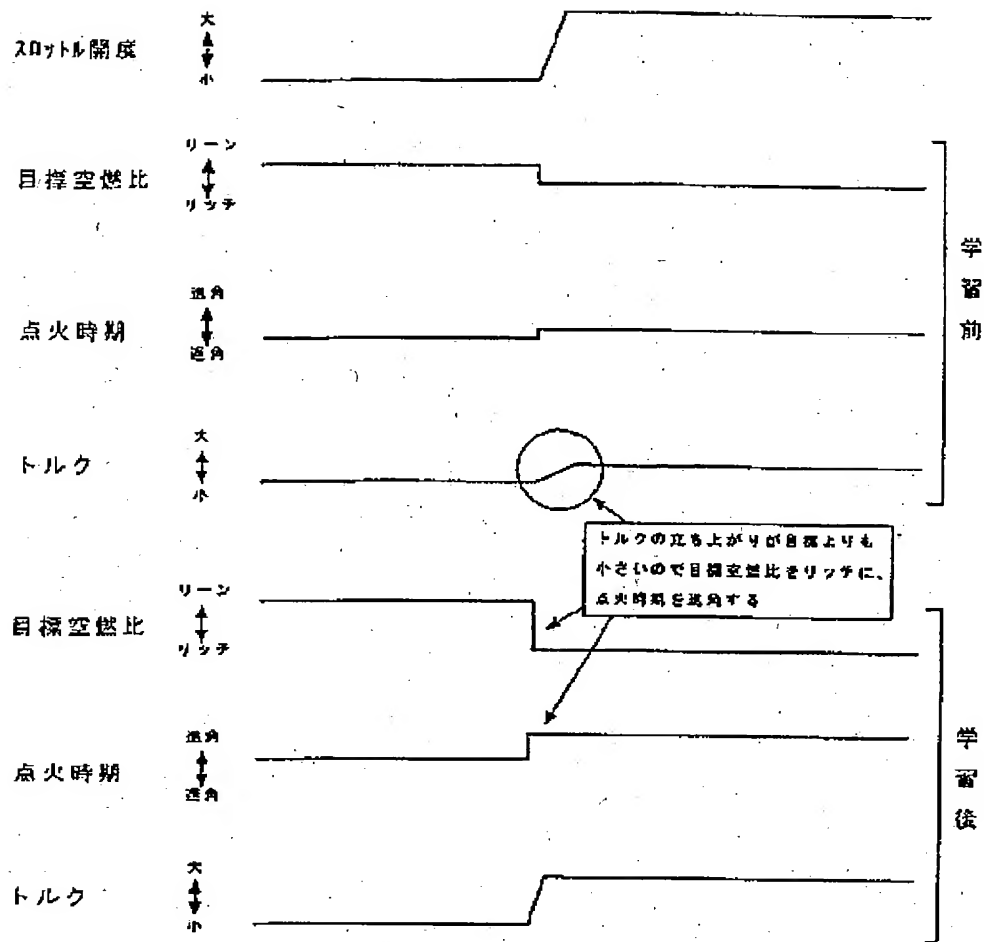
【図10】



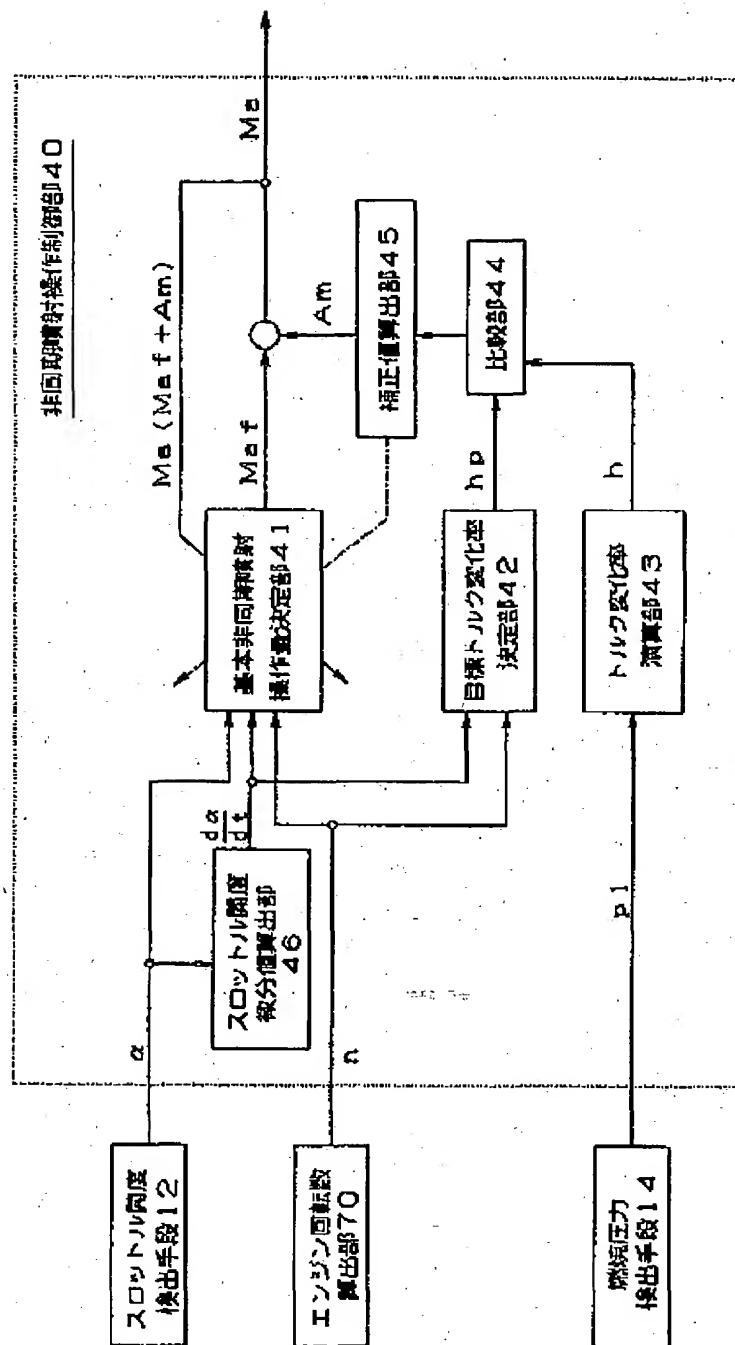
【図13】



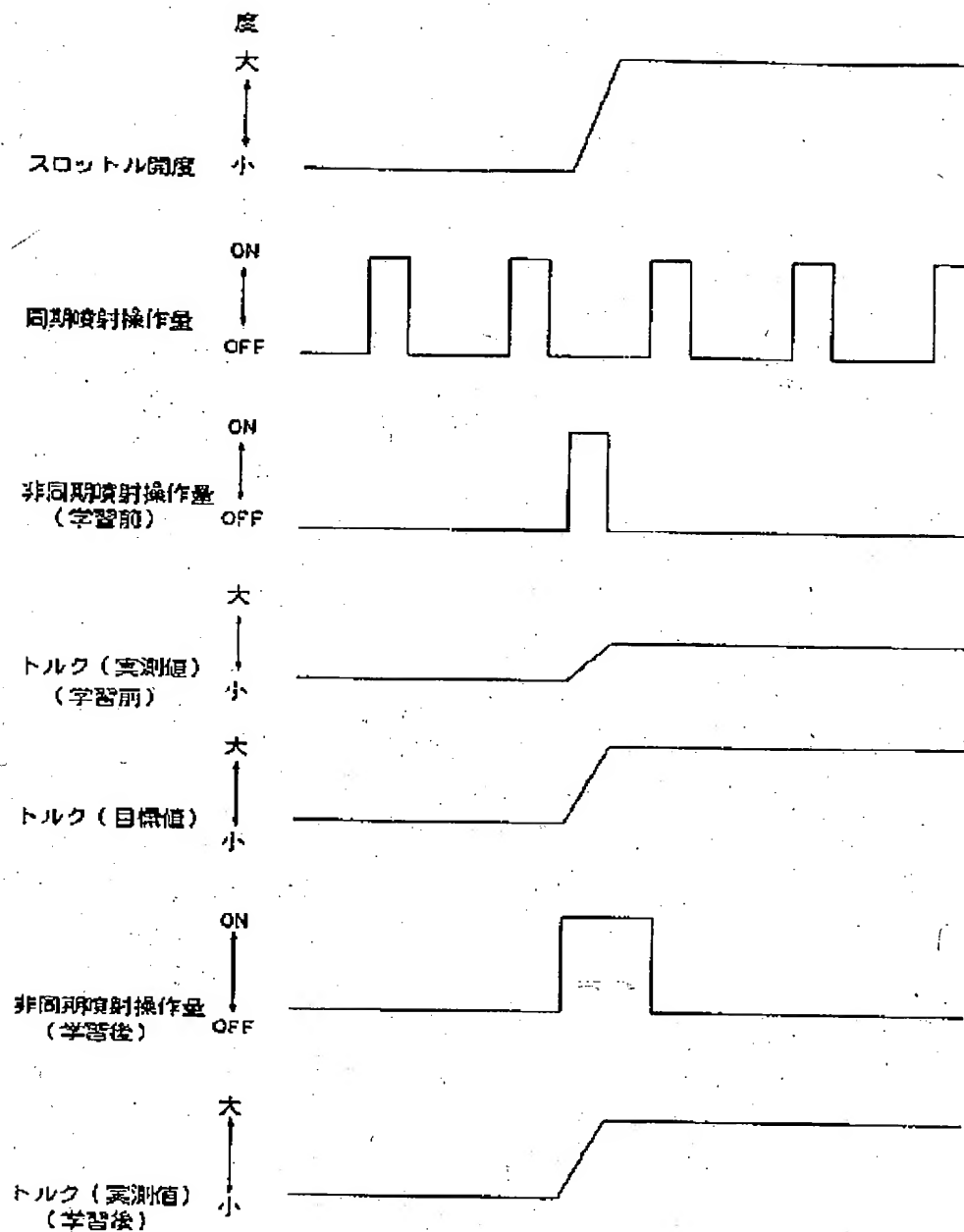
【図11】



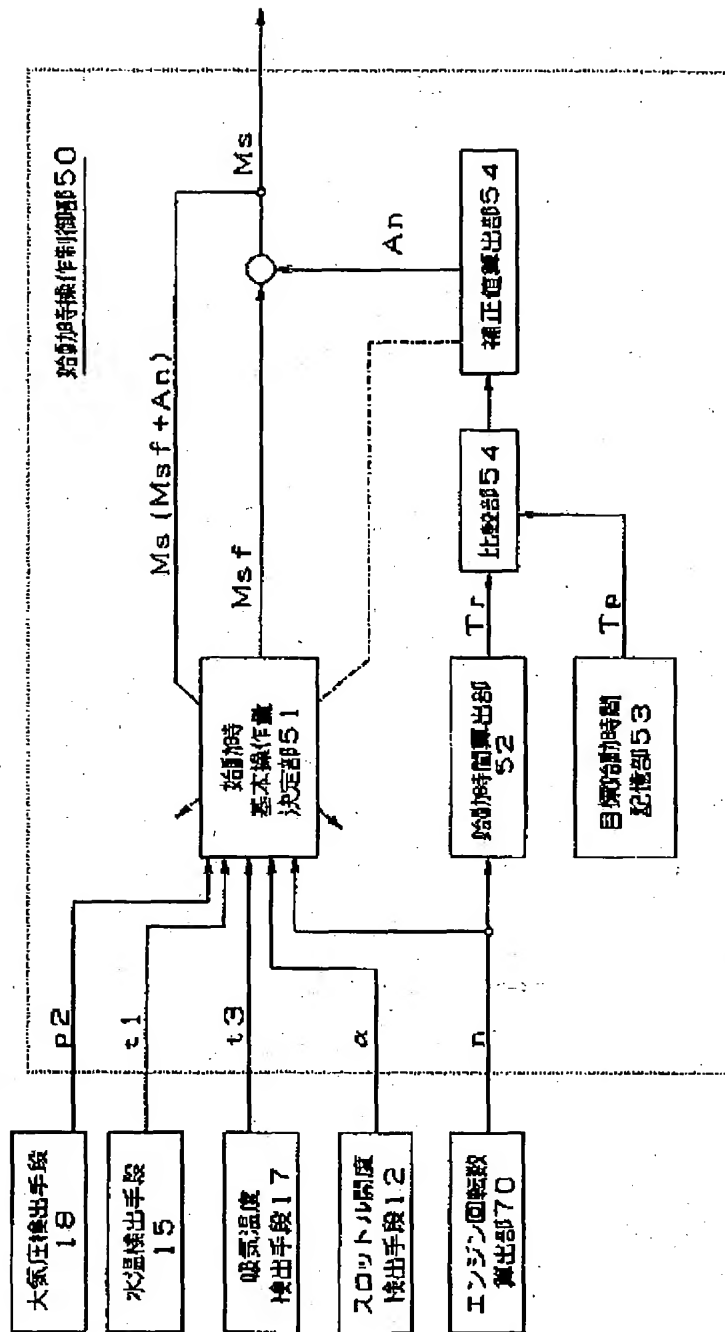
【図12】



【図14】



【図15】



【図16】

